

Baumert, Jürgen

Technisches Problemlösen im Grundschulalter: Zum Verhältnis von Alltags- und Schulwissen. Eine kulturvergleichende Studie

Leschinsky, Achim [Hrsg.]: *Die Institutionalisierung von Lehren und Lernen. Beiträge zu einer Theorie der Schule.* Weinheim u.a. : Beltz 1996, S. 187-209. - (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 34)



Quellenangabe/ Reference:

Baumert, Jürgen: Technisches Problemlösen im Grundschulalter: Zum Verhältnis von Alltags- und Schulwissen. Eine kulturvergleichende Studie - In: Leschinsky, Achim [Hrsg.]: *Die Institutionalisierung von Lehren und Lernen.* Weinheim u.a. : Beltz 1996, S. 187-209 -
URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-97975 - DOI: 10.25656/01:9797

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-97975>

<https://doi.org/10.25656/01:9797>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.
This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Mitglied der

Leibniz-Gemeinschaft

Zeitschrift für Pädagogik

34. Beiheft

Zeitschrift für Pädagogik

34. Beiheft

Die Institutionalisierung von Lehren und Lernen

Beiträge zu einer Theorie der Schule

Herausgegeben von Achim Leschinsky

Beltz Verlag · Weinheim und Basel

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

[Zeitschrift für Pädagogik / Beiheft]

Zeitschrift für Pädagogik. Beiheft. – Weinheim ; Basel : Beltz.

Früher Schriftenreihe

Reihe Beiheft zu: Zeitschrift für Pädagogik

ISSN 0514-2717

34. Die Institutionalisierung von Lehren und Lernen. – 1996

Die **Institutionalisierung von Lehren und Lernen** : Beiträge zu einer Theorie der Schule / hrsg. von Achim Leschinsky. –

Weinheim ; Basel : Beltz, 1996

(Zeitschrift für Pädagogik : Beiheft ; 34)

ISBN 3-407-41135-9

NE: Leschinsky, Achim [Hrsg.]

Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen werden. Auch die Rechte der Wiedergabe durch Vortrag, Funk- und Fernsehsendung, im Magnettonverfahren oder ähnlichem Wege bleiben vorbehalten. Fotokopien für den persönlichen oder sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopie hergestellt werden. Jede im Bereich eines gewerblichen Unternehmens hergestellte oder benützte Kopie dient gewerblichen Zwecken gem. § 54 (2) UrhG und verpflichtet zur Gebührenzahlung an die VG Wort, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München, von der die einzelnen Zahlungsmodalitäten zu erfragen sind.

© 1996 Beltz Verlag · Weinheim und Basel

Herstellung: Klaus Kaltenberg

Druck: Druckhaus »Thomas Müntzer«, Bad Langensalza (Thüringen)

Printed in Germany

ISSN 0514-2717

Bestell-Nr. 41135

Inhaltsverzeichnis

ACHIM LESCHINSKY	
Einleitung	9
Teil I	
Entwicklungen auf Systemebene	
JOHN W. MEYER	
Die kulturellen Inhalte des Bildungswesens	23
WOLFGANG EDELSTEIN	
Zur Entwicklungsdynamik von Reformen in geschlossenen Bildungssystemen.....	35
HELMUT KÖHLER	
Bildung ist Ländersache –	
Zur Entwicklung des Schulwesens im föderalistischen Staat.....	49
KARL ERNST NIPKOW	
Schule und Religion in pluralen Gesellschaften	
Eine notwendige Dimension einer Theorie der Schule	71
Teil II	
Institutionelle Ebene	
HELMUT FEND	
Schulkultur und Schulqualität.....	85
JAMES S. COLEMAN	
Der Verlust sozialen Kapitals und seine Auswirkungen auf die Schule.....	99
INGO RICHTER	
Die öffentliche Schule im Umbau des Sozialstaats	107
VOLKER KRUMM	
Über die Vernachlässigung der Eltern durch Lehrer und Erziehungswissenschaft	
Plädoyer für eine veränderte Rolle der Lehrer bei der Erziehung der Kinder.....	119

Teil III

Unterricht

GUNDEL SCHÜMER

Projektunterricht in der Regelschule

Anmerkungen zur pädagogischen Freiheit des Lehrers 141

HELMUT HEID

Was ist offen im offenen Unterricht?..... 159

RENATE VALTIN

Dem Kind in seinem Denken begegnen –

Ein altes, kaum eingelöstes Postulat der Grundschuldidaktik 173

JÜRGEN BAUMERT

Technisches Problemlösen im Grundschulalter: Zum Verhältnis von Alltags- und

Schulwissen – Eine kulturvergleichende Studie 187

JÜRGEN DIEDERICH

Anstöße zur Atomisierung des Elementaren 211

Teil IV

Lehrer und Lehrerbildung

FRANZ EMANUEL WEINERT/ANDREAS HELMKE

Der gute Lehrer: Person, Funktion oder Fiktion?..... 223

FRITZ OSER

Wann lernen Lehrer ihr Berufsethos? 235

FRANK ACHTENHAGEN

Lehr-Lern-Forschung – Ein konstruktiver Beitrag zur Entwicklung einer

wissenschaftlich gestützten Lehrerausbildung..... 245

HANS-GEORG HERRLITZ

Kontinuität und Wandel der erziehungswissenschaftlichen Lehrgestalt

Materialien zur Analyse des Lehrangebots westdeutscher Universitäten

1945/46–1989 265

Teil V
Pädagogische Konzeptualisierungs- und Reflexionsansätze, Professionalisierung

HEINZ-ELMAR TENORTH

Die professionelle Konstruktion der Schule – Historische Ambivalenz eines Autonomisierungsprozesses.....	285
---	-----

PETER DREWEK

Die Herausbildung der „geisteswissenschaftlichen“ Pädagogik vor 1918 aus sozialgeschichtlicher Perspektive Zum Strukturwandel der Philosophischen Fakultät und zur Lehrgestalt der Universitätspädagogik im späten Kaiserreich und während des Ersten Weltkriegs.....	299
---	-----

KURT BEUTLER

Erich Wenigers Pädagogisierung des deutschen Militärs	317
---	-----

DIETER SENGLING

Aus dem Unglück leben – Eine Annäherung an den Pädagogen Janusz Korczak	331
--	-----

Technisches Problemlösen im Grundschulalter: Zum Verhältnis von Alltags- und Schulwissen – Eine kulturvergleichende Studie¹

1. Lernen in der Schule und im Alltag: Zwei unterschiedliche Welten?

Seit einigen Jahren wird in der Forschung zum Wissenserwerb und zum Problemlösen die Kontextualisierung des Wissens betont: Wissen wird in sachlichen und sozialen Zusammenhängen erworben, aus denen es nicht ohne weiteres lösbar ist (ADAMS 1989, BRANSFORD/FRANKS/VYE/SHERWOOD 1989, COLLINS/BROWN/NEWMAN 1989, GREENO/SMITH/MOORE 1993, LAVE 1988, MANDL/GRUBER/RENKL 1994, PERKINS/SALOMON 1989, RESNICK 1991). Ein prominentes Beispiel ist die Schule: Theoretisches Wissen, das in der Schule gelernt wurde, wird in außerschulischen Situationen häufig nicht angewandt. Besonders auf naturwissenschaftlichem Gebiet sind Unterschiede zwischen wissenschaftlichen Konzepten und alternativen Vorstellungen, mit denen Schüler und Studenten ihre Alltagswelt ordnen, systematisch beschrieben und analysiert worden (DRIVER 1994, PFUNDT/DUIT 1994, REINER/CHI/RESNICK 1988). Alltagsvorstellungen sind erstaunlich robust, so daß Konzeptwechsel schwierig zu erzielen sind (CHI 1992, CHI/SLOTTA 1993, diSESSA 1993, DUIT 1994, 1995; PINTRICH/MARX/BOYLE 1993, SCOTT/ASOKO/DRIVER 1992, STRIKE/POSNER 1982). Aber selbst wenn Verständnis im Kontext des Schulunterrichts erreicht wurde, bleibt symbolisch operierendes Wissen der Schule bei der Deutung naturwissenschaftlicher Phänomene des alltäglichen Lebens bemerkenswert träge (CARAMAZZA/MCCLOSKEY/GREEN 1981, MCCLOSKEY 1983). Ganz ähnliche Transferprobleme sind für andere Sachgebiete und andere Unterrichtskontexte belegt (BRANSFORD 1979, DAHLGREN/MARTON 1978, GRÄSEL/PRENZEL/MANDL 1993). Die Kontextabhängigkeit von Wissen veranschaulichen auch eindrucksvoll ethnographische Studien zur Alltagsmathematik, die zeigen, wie Kinder und Erwachsene situiertes Wissen über quantitative Eigenschaften von Objekten erlangen, ohne jemals Mathematikunterricht genossen zu haben oder auf die in der Schule unterrichteten Verfahren zurückzugreifen. Dieses vormathematische Wissen erlaubt Straßenkindern, Molkereiarbeitern oder Supermarktkunden, quantitative Probleme des täglichen Lebens brauchbar zu lösen (CARRAHER/CARRAHER/SCHLIEMANN 1985, LAVE 1988, LAVE/MURTAUGH/ROCHA 1984, ROGOFF/LAVE 1984, SAXE 1988, SCRIBNER 1984). Übertragbar ist aber auch dieses Wissen nicht (PALINCSAR 1989).

¹ Die Studie „Intra and Cross Cultural Relationships between Television Habits and Attributions, Self-Efficacy, Persistence and Success in Science Problem Solving“ (CROSSTEL), über die im folgenden berichtet wird, wurde gemeinsam vom Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, Kiel (JÜRGEN BAUMERT, HELMUT GEISER) und der Wake Forest University, Winston-Salem/USA (ROBERT H. EVANS) in Zusammenarbeit mit UWE HAMEYER und FRITZ LEHMHAUS (Universität Kiel) durchgeführt.

Für die Schulpädagogik ist die Frage nach den Gründen für Defizite der Anwendung schulischen Wissens essentiell. RENKL (1994) gibt einen systematischen Überblick über unterschiedliche Erklärungen für defiziente Wissensanwendung. Es lassen sich Argumentationstypen beschreiben, mit denen unterschiedliche Instruktionsmodelle korrespondieren. Der Hinweis (1) auf mögliche Mängel im konzeptuellen Wissen ist eine traditionelle pädagogische Erklärung. Danach ist Instruktionswissen oftmals unverbunden und abstrakt und damit bedeutungsarm. Erst wenn Konzepte semantisch *und* pragmatisch angereichert sind, erschließen sie Verständnis. Die häufig berichtete Koexistenz wissenschaftlicher und naiver Konzepte in der Vorstellungswelt einer Person zeigt Integrationsmängel des Wissens aufgrund unterschiedlicher pragmatischer Bedeutungszuschreibung. ADAMS (1989) unterscheidet *abstraktes* Wissen, das zwar dekontextualisiert und potentiell übertragbar, aber nicht an Erfahrung gebunden ist, von *abstrahiertem* Wissen, das erst mit der Erprobung in verschiedenen Zusammenhängen von seinem spezifischen Erwerbskontext gelöst wurde und somit bedeutungsgesättigt ist. HATANO und INAGAKI (1992) können zeigen, daß bei konzeptuellen Defiziten – die semantische und pragmatische Bedeutung von Konzepten ist nicht wirklich erfaßt – Wissen situationsgebunden bleibt, aber mit besserem Konzeptverständnis flexibel wird. Ebenso belegen die Arbeiten von GICK und HOLYOAK (1983, 1987), HOLYOAK und KOH (1987) sowie BASSOK und HOLYOAK (1993) die Wichtigkeit genereller, aber gleichwohl pragmatisch relevanter Schemata für Transferprozesse innerhalb und zwischen Wissensdomänen.

Ein verwandter Erklärungsversuch (2) verweist auf Mängel im Strategiewissen. Unsere Schulen vernachlässigten den Erwerb von Lern-, Denk- und Problemlösestrategien einschließlich des konditionalen Wissens über deren Anwendung. Während sich die Suche nach allgemeinen Denk- und Problemlösestrategien als wenig erfolgreich erwiesen hat, scheinen vor allem bereichsspezifische Strategien für die effektive Nutzung von Wissen wichtig zu sein (CHIPMAN/SEGAL/GLASER 1985, FREDERIKSEN 1984, FRIEDRICH/MANDL 1992, GARNER/ALEXANDER 1989, HALPERN 1992, RESNICK 1987, SEGAL/CHIPMAN/GLASER 1985). Solche Strategien begrenzter Reichweite scheinen lehr- und transferierbar zu sein (KLAUER 1989, 1992; PALINCSAR/BROWN 1984, PRESSLEY/SNYDER/CARIGLIA-BULL 1987).

Eine weitere Erklärung (3) geht von einem Defizit an Handlungswissen aus. Instruktionswissen ist in der Regel deklaratives Wissen, das, um in konkreten Problemsituationen handlungsbedeutsam zu werden, der Reinterpretation in der Regel unter Nutzung allgemeinerer, bereichsunspezifischer Strategien bedarf. Nach ANDERSON (1983, 1987) wird dieses Wissen erst durch wiederholte Anwendung in unterschiedlichen Zusammenhängen prozeduralisiert und auf bestimmte Anwendungsbedingungen konditionalisiert (vgl. auch BRANSFORD/VYE/ADAMS/PERFETTO 1989, COLLINS/BROWN/NEWMAN 1989). Flexibles Wissen schließt also erfahrungsbasiertes Operationswissen ein. Da im Unterricht systematische Anwendung selten gelehrt wird, ist ein Transfer auf außerunterrichtliche Situationen unwahrscheinlich.

Radikaler sind Erklärungen (4), die von der Situationspezifität allen Lernens und Denkens ausgehen. Einige Vertreter des Ansatzes der situierten Kognition (Überblick bei LAW 1993, 1994) stellen den Gedanken, daß dekontextualisiertes Wissen auf neue Situationen übertragen wird, grundsätzlich in Frage (CLANCEY 1993, LAVE 1988, 1991). Transfer beruht danach nicht auf kognitiven Repräsentationen, die von einem Erwerbsauf einen Anwendungszusammenhang übertragen werden, sondern auf der Vertrautheit

mit Interaktionsregeln in sozial definierten Erfahrungsbereichen, zu denen die Anwendungssituation gehört (GREENO 1989, GREENO/SMITH/MOORE 1993, RESNICK 1991). Spontaner Transfer zwischen distinkten sozialen Erfahrungsbereichen wie Schule und Alltag ist dann nicht zu erwarten. Dieser kontextualistische Ansatz hat in der pädagogischen Psychologie das Verdienst, an die Bedeutung der sozialen Situation für Prozesse des Wissenserwerbs zu erinnern (man wird unschwer Parallelen zur Situationismus-Debatte der Persönlichkeitsforschung entdecken). In der Pädagogik ist der Gedanke des situierten Lernens in nahezu allen reformpädagogischen Konzepten präsent. Damit sind allerdings Fragen nach transsituativer Verhaltenskonstanz und der Möglichkeit der Persönlichkeitsentwicklung oder – pädagogisch gesprochen – der allgemeinen Bildung keineswegs erledigt (DAMON 1991).

Auf die Anwendungsprobleme schulischen Wissens haben die Pädagogik und die pädagogische Psychologie zwei sehr unterschiedliche, im ersten Augenblick kaum vereinbar erscheinende Antworten gegeben. Die erste Antwort heißt: Verstehen lehren (teaching for understanding). Instruktionsmodelle, die auf diese Antwort zurückgehen, zielen auf den aktiven Erwerb von Strategien und konzeptuellem Wissen, das besser integriert ist und auf einem hinreichenden semantischen und pragmatischen Verständnis der Konzepte beruht. In der Naturwissenschaftsdidaktik ist der „conceptual change“-Ansatz relativ gut ausgearbeitet: Der Unterricht nimmt Alltagsvorstellungen der Schüler auf und versucht, kognitive Konflikte herbeizuführen, an denen die Grenzen des Alltagsverständnisses sichtbar werden. Dabei spielt das eigenständige explorative und experimentelle Handeln der Schüler eine entscheidende Rolle. LAWSON, ABRAHAM und RENNER (1989) etwa verfolgen diesen Ansatz mit dem didaktischen Konzept der „learning cycles“.

Eine zweite Antwort heißt: Verantwortliches, möglichst selbstreguliertes Lernen in authentischen oder zumindest realitätsnahen Situationen, die soziale Interaktion verlangen oder zumindest zulassen. Die unterschiedlichen didaktischen Modelle sind alle dem theoretischen Ansatz der situierten Kognition verpflichtet. In der Lehr-Lern-Forschung werden vor allem die drei Modelle „Anchored Instruction“ (BRANSFORD/FRANKS/VYE/SHERWOOD 1989), „Cognitive Apprenticeship“ (COLLINS/BROWN/NEWMAN 1989) und „Cognitive Flexibility“ (SPIRO/FELTOVICH/JACOBSON/COULSON 1991) diskutiert.

Möglicherweise liegt in der Verbindung beider Instruktionsmodelle – Konzeptlernen in komplexen Anwendungssituationen – eine vielversprechende Lösung für das notorische Problem trägen Wissens. Die von der Göttinger Arbeitsgruppe um ACHTENHAGEN entwickelten mehrdimensionalen Lehr-Lern-Arrangements in der kaufmännischen Ausbildung und die Arbeiten zum Erwerb konditionalisierten Wissens in authentischen betriebswirtschaftlichen Situationen, die von der Münchner Forschungsgruppe um MANDL begonnen wurden, weisen in diese Richtung (ACHTENHAGEN 1992, MANDL/GRUBER/RENKL 1994).

Das theoretische Konzept der situierten Kognition hat beträchtliche Anziehungskraft, da es dem pädagogischen Zeitgeist entgegenkommt, nach dem durch ganzheitliches und erfahrungsbasiertes Lernen in authentischen sozialen Situationen und die Öffnung von Schule und Unterricht die verlorene Einheit von praktischem Handeln und Lernen wiederhergestellt werden soll. Die Frage der bildenden Wirkung des Gegenstandes wird letztlich ersetzt durch die Frage nach der impliziten Rationalität sozialer Praxis. In der individuellen und sozial geteilten Situationsgeschichte entwickle sich effizientes Handlungswissen, das innerhalb eines kulturell definierten Erfahrungsbereichs situationsübergreifend einsetzbar sei.

Um zu überprüfen, wie weit diese Annahme trägt, müßte man die situationsübergreifende Verhaltenskonstanz innerhalb relativ eng definierter Erfahrungsbereiche untersuchen, die sich durch die Abfolge authentischer Situationen auszeichnen, in denen Lernen und Handeln zusammenfallen. Das Konstruktionsspiel von Kindern könnte ein solcher Bereich sein. Die spielerische Tätigkeit ist authentisch, Handlungsvollzug und Lernen sind ungeschieden, gleichwohl ist die Tätigkeit, gesteuert durch Handlungs-Ergebnis-Erwartungen, schon zweckgerichtet, ohne dem Muster der Handlungs-Folge-Erwartungen der Tätigkeit von Erwachsenen zu folgen (EINSIEDLER 1994). Bauspiele gehören in unserer Kultur zum Repertoire eines jeden Kindes. Viele dieser Spiele vollziehen sich in sozialer Gemeinschaft zunächst von Erwachsenen und Kindern, dann von Gleichaltrigen. Treffen die Grundannahmen des Modells der situierten Kognition und der daran gebundenen Instruktionsmodelle zu, dann sollte bei Kindern im Grundschulalter ein an die Erfahrungsdomäne der Konstruktionsspiele gebundenes Problemlöserepertoire nachweisbar sein, das sich in Abhängigkeit von der individuellen Erfahrungsgeschichte in ähnlicher Weise im Umgang mit variierenden Bauspielsituationen manifestiert. Das Handlungswissen, das durchaus implizit sein kann, ist nicht dekontextualisiert, wohl aber in verschiedenen, problemhaltigen Situationen desselben Erfahrungsbereichs flexibel anwendbar.

Im Anschluß an diese Überlegungen lassen sich folgende Hypothesen formulieren, deren Überprüfung zum besseren Verständnis der Struktur von Alltagswissen beitragen kann:

- Im kulturell definierten Erfahrungsraum technischer Bauspiele von Kindern sollte sich eine bereichsspezifische, aber situationsübergreifende Fähigkeit zur (spielerischen) Bearbeitung technischer Konstruktionsprobleme identifizieren lassen. In der vergleichbaren Bewältigung variierender Probleme wird transssituative Verhaltenskonsistenz erkennbar.
- Die transssituative Verhaltenskonsistenz hängt von der individuellen oder gruppenspezifischen Erfahrungsgeschichte ab. Mit zunehmender Erfahrungsdichte wird das Situationsrepertoire breiter und situative Schwankungen in der Bearbeitungsgüte gehen zurück.
- Ebenso hängt das Bearbeitungsniveau von den vorgängigen Erfahrungen mit technischen Konstruktionsspielen ab.
- Das im Spiel erworbene Handlungswissen ist kontextgebunden und beim Wechsel der Spieldomäne (z.B. zum Regelspiel) wird ein anderes Erfahrungsrepertoire aktiviert.
- Das kontextgebundene und erfahrungsbasierte Handlungswissen sollte von dekontextualisierten Fähigkeitsmaßen – etwa der fluiden Intelligenz/Verarbeitungskapazität – weitgehend unabhängig sein (DÖRNER 1984, LAVE 1988; vgl. die Diskussion bei KLUWE/SCHILDE/FISCHER/OELLERER 1991).
- Schule und Spiel sind getrennte Welten. Die Bearbeitungsgüte technischer Konstruktionsaufgaben im Bauspiel ist vom sachkundlichen Instruktionswissen der Schule unabhängig.

2. Entwicklung der Erhebungsinstrumente

2.1 Konstruktionsaufgaben

Zur Erfassung der technischen Problemlösefähigkeit wurden Konstruktionsaufgaben entwickelt, die unmittelbar an Erfahrungen von Grundschulern mit technischen All-

tagsgegenständen und Bau- und Konstruktionsspielen anschließen, aber durch Zusatzbedingungen in der Regel keine spontane Lösung erwarten lassen. Denn nicht jede Aufgabe ist ein Problem. Im Anschluß an KLIX (1971), DÖRNER (1979) und FREDERIKSEN (1984) wurden Probleme im engeren Sinne von Aufgaben abgegrenzt, die durch Routineoperationen gelöst werden können. Eine Person ist mit einem Problem konfrontiert, wenn eine gegebene Situation in eine gewünschte Situation transformiert werden soll, aber im Augenblick die dafür notwendigen Ressourcen fehlen. Ein Problem ist also durch drei Komponenten gekennzeichnet: (1) eine unerwünschte Ausgangssituation, (2) eine angestrebte Lösung und (3) eine Barriere, die den Übergang von einem Status zum anderen verhindert. Nach NEWELL und SIMON (1972) ist die Schwierigkeit eines Problems durch die Aufgabenumwelt – Inhalt, Struktur und Kontext der dargebotenen Aufgabe – und durch Erfahrung und Wissensbasis desjenigen, der die Aufgabe zu lösen hat, bestimmt. Im psychologischen Sinn ist ein Problem die mentale Repräsentation der Aufgabenumgebung in einem subjektiven Problemraum (NEWELL/SIMON 1972, NEWELL 1980). Die individuelle Konstruktion des Problemraums, der die Aufgabenstruktur und das deklarative und prozedurale Lösungswissen enthält, ist für die Lösung einer Aufgabe von entscheidender Bedeutung. Im Falle eines Problems im engeren Sinne enthält die Anfangsdefinition des Problemraums nur Teilinformationen über die Problemstruktur und die Lösungswege. Probleme lassen sich nach Art und Umfang der zusätzlich benötigten Information klassifizieren (RILEY/GREENO/HELLER 1983).

Teilt man Probleme nach dem Grad der Unbestimmtheit von Zielen und Maßnahmen ein, so ergibt sich folgendes Vierfelder-Schema (Abb. 1), das die Problemauswahl in dieser Studie strukturierte (DÖRNER 1979, STROHSCHNEIDER 1991).

Probleme vom Typ A verlangen die Entdeckung einer Kombination bekannter Operatoren. Probleme dieses Typs sind in der Regel gut strukturiert und meistens semantisch arm (SIMON 1978). Der „Turm von Hanoi“ (KLIX 1971) oder die „Monsterprobleme“ (KOTOVSKY/FALLSIDE 1989) sind Beispiele dieses Typs. Probleme vom Typ B sind in

Abbildung 1: Klassifikation von Problemen nach dem Grad der Unbestimmtheit von Zielen und Mitteln

		Mittel	
		gering	hoch
Ziele	gering	<div>A</div> <div>Häschenproblem</div>	<div>B</div> <div>Brückenkonstruktion</div> <div>Windmaschine</div>
	hoch		<div>C</div> <div>Turmkonstruktion</div>

der Zielsetzung klar bestimmt – sie haben oftmals auch nur eine Lösung –, sind aber unbestimmt in den Lösungswegen. Um diese Probleme zu lösen, müssen die geeigneten Operatoren gefunden werden. Viele Probleme, die in charakteristischer Weise eine Reorganisation des anfänglichen Problemraums verlangen, gehören in diese Kategorie. KATONAS (1940) Zündhölzeraufgabe, DUNCKERS (1935) Röntgenstrahlenproblem oder MAIERS (1930) Pendelaufgabe sind prominente Beispiele. Probleme vom Typ C sind komplex und schlecht strukturiert, insofern die verlangte Lösung – wenn es überhaupt nur *eine* gibt – nicht unmittelbar evident ist und die für die Lösung notwendigen Operatoren erst entdeckt werden müssen. Die meisten Alltagsprobleme gehören typischerweise in diese Gruppe. In der Forschung zum komplexen Problemlösen wird in der Regel die Steuerung dynamischer Systeme untersucht (DÖRNER/KREUZIG/REITHER/STAUDEL 1983, FUNKE 1986).

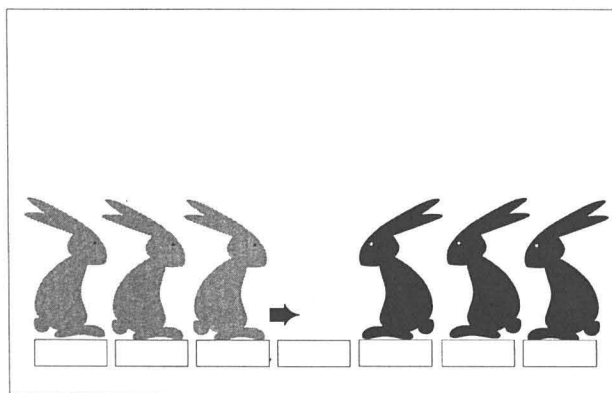
Für unsere Studie wurden drei technische Problemlöseaufgaben vom Typus B und C entwickelt. Zwei der Problemstellungen (Typ B und Typ C) sind Bauspielaufgaben, die den manipulativen Umgang mit Materialien verlangen. Die dritte Aufgabe (Typ B) wandelt ein mechanisches Übersetzungsproblem ab, mit dem Kinder durch den Umgang mit Fahrrädern vertraut sind. Sie verlangt im Unterschied zu den beiden „hands-on-tasks“ eine zeichnerische Lösung. Als Kontrollproblem aus einer anderen Erfahrungsdomäne wurde ein Regelspiel mit algorithmischer Lösung gewählt.

Regelspiel „Häschen“ (Typ-A-Problem)

Um den Umgang mit einem gut strukturierten algorithmischen Problem zu erfassen, wurde ein kommerziell vertriebenes Regelspiel ausgewählt, das eine gewisse Ähnlichkeit mit dem „Turm von Hanoi“ besitzt.

Drei schwarze und drei weiße Häschen stehen sich in einer Reihe gegenüber, mit einem freien Feld zwischen ihnen (Abb. 2). Ziel des Spiels ist, die Positionen der schwarzen und weißen Häschen zu vertauschen. Die Figuren können ein Feld vorgezogen werden, sofern dieses Feld frei ist. Eine Figur der anderen Farbe kann übersprungen werden. Rückwärtszüge sind nicht erlaubt. Das Spiel hat einen Lösungsalgorithmus mit zwei symmetrischen Lösungen. Für die Lösung werden 15 Züge benötigt.

Abbildung 2



Bei den Zügen 1 bis 6 sowie 8 und 9 hat der Spieler Wahlmöglichkeiten zwischen alternativen Zügen. Die Züge 7 und 10 bis 15 sind Zwangsbewegungen. Um die Aufgabe erfolgreich zu lösen, muß der subjektive Problemraum des Spielers die prozedurale Regel einschließen, daß die Plazierung von zwei Figuren derselben Farbe nebeneinander verboten ist. Diese Regel ist nicht intuitiv zu erschließen, sondern kann nur durch Versuch und Irrtum oder Gedankenexperiment gefunden werden. Kinder beginnen in der Regel damit, Farben alternativ zu ziehen – eine Strategie, die nach dem dritten Zug zum Mißerfolg führt. Dieser Zug ist ausgesprochen schwierig, da die verbotene Doppelstellung erst als Ergebnis des Folgezuges sichtbar wird. Die Lösung des Problems verlangt also vom Spieler mindestens zwei Züge durch Gedankenexperimente im voraus zu planen. KOTOVSKY und FALLSIDE (1989) konnten zeigen, daß die vorausschauende Planung im Gedankenexperiment die wichtigste kognitive Voraussetzung für die Lösung von Problemen dieses Typs darstellt.

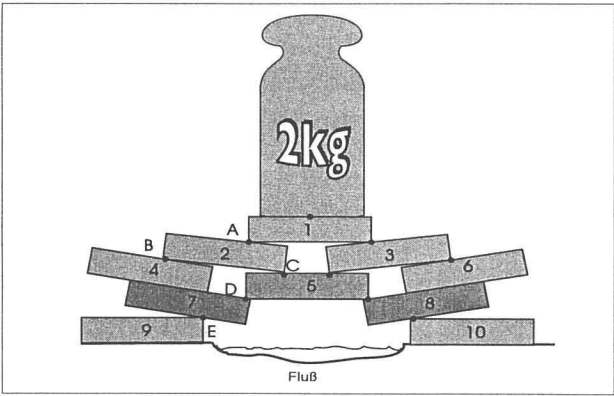
In Vorversuchen wurde große Sorgfalt darauf verwandt, über eine dichotome Kodierung der Problemlösung (Erfolg/Mißerfolg) hinauszukommen. Es wurde ein 7stufiges Schema entwickelt, in das die Verarbeitung von standardisierten Hinweisen nach dem Scheitern am 3. oder 6. Zug einging. Die Interrater-Reliabilität liegt bei .95.

Brückenkonstruktion (Typ-B-Problem)

Als Problem des Typus B wurde eine Brückenaufgabe entwickelt, bei der die Probanden gebeten wurden, eine Brücke aus Holzbausteinen zu konstruieren, deren Spannweite größer als die Länge eines einzelnen Bausteines ist (vgl. KLEWITZ 1991). Die Brücke sollte stabil genug sein, um ein Zwei-Kilo-Gewicht zu tragen. Es gibt kaum ein Kind, das mit diesem Typ von Bauspielen nicht vertraut ist. So durfte man davon ausgehen, daß zehnjährige Kinder in der Regel über entwickelte operative Schemata für Brückenkonstruktionen aus Holzbausteinen verfügen. Die Voruntersuchungen zeigten, daß die Bautätigkeit von Grundschulern in der Regel ausgesprochen zielstrebig war und schemageleiteten Vorwärtsstrategien folgte – bis sichtbar wurde, daß das Ergebnis den Stabilitätsanforderungen nicht genügte. Die Brückenkonstruktion weist nur dann die geforderte Stabilität auf, wenn die angreifenden Kräfte durch die Geometrie der Blöcke auf die Fundamente verteilt werden. Korrekt konstruiert, ist die Brücke bis zu einer Spannweite des Anderthalbfachen der Länge eines einzelnen Holzblocks stabil. Treppen- oder Gegengewichtskonstruktionen – die dominanten Schemata von Grundschulern – führen nicht zum Ziel. Die Aufgabe ist auch deshalb besonders schwierig, weil die funktionalen Prinzipien der Konstruktion nicht ohne weiteres sichtbar sind, insbesondere dann, wenn die Brücke fertig ist. Erst wenn man sie langsam einstürzen läßt, werden die signifikanten Punkte der Kräfteverteilung erkennbar (Abb. 3). Erfolgreiche Problemlöser nutzen intuitiv diese Strategie, um den Bauprozess zu überwachen. Durch regelmäßigen vorsichtigen Fingerdruck prüfen sie die erreichte Stabilität und machen damit gleichzeitig die jeweilige Kräfteverteilung sichtbar. Die Brückenkonstruktion erwies sich insofern als ausgesprochen gute technische Problemlöseaufgabe, als sie schemageleitete Vorwärtsstrategien provozierte, flexiblen Konzeptwechsel erforderte und erst durch ein sorgfältiges Monitoring des Konstruktionsprozesses erfolgreich bearbeitet werden konnte.

Die Lösungsqualität wurde 7stufig unter Berücksichtigung der verschiedenen Bauprinzipien skaliert. Die Interrater-Reliabilität lag bei .92. Bei der Bearbeitung der

Abbildung 3



Brückenaufgabe wurden ferner die Anzahl der Konzeptwechsel sowie die Zahl der Variationen desselben Bauprinzips dokumentiert. Diese Angaben wurden für die Berechnung eines Strategiescores genutzt, der die konzeptuelle Flexibilität wiedergibt. Für die Brückenaufgabe stehen also zwei Indikatoren zur Verfügung.

Konstruktion einer Windmaschine (Typ-B-Problem)

Die Windmaschinenaufgabe ist ein typisches „mystery-box problem“. In einem Kasten mußte ein Getriebe zeichnerisch dargestellt werden, das ein langsames Drehen einer außen am Kasten sichtbaren Kurbel in eine schnelle Rotation eines auf der Oberseite des Kastens angebrachten Propellers übersetzte (vgl. Abb. 4).

Um das Windmaschinenproblem zu lösen, ist elementares Wissen über prototypische Strukturen von Drehmomentwandlern erforderlich. In der Regel haben Kinder reichlich Gelegenheit, unmittelbare Erfahrungen mit Phänomenen der Kraftübertragung zu machen. Fahrräder sind ein Beispiel, technische Konstruktionsspiele wie „Lego“ oder „Fisher“ ein anderes. Getriebe sind auch in vielen Spielzeugen und Gegenständen des täglichen Lebens zu finden. Die besondere Schwierigkeit dieser Aufgabenstellung dürfte in der ikonischen Abstraktion von Handlungssequenzen liegen.

Für die Bewertung der Güte der produzierten Problemlösungen wurde ein 5stufiges Vercodungsschema entwickelt, das an dem Kriterium der funktionalen Angemessenheit des Entwurfs ausgerichtet ist. Die Interrater-Übereinstimmung lag bei .95.

Windmaschine

Zeichne das Innere der Windmaschine so, daß sich der Propeller schnell dreht, wenn die Kurbel langsam gedreht wird.

Wenn Du weitere Ideen hast oder es noch einmal probieren möchtest, verwende bitte das zweite Blatt.

War die Aufgabe für Dich schwierig, weniger schwierig oder gar nicht schwierig?

gar nicht schwierig

weniger schwierig

schwierig

☐
☐
☐

Turmbau (Typ-C-Problem)

Als schlecht strukturiertes technisches Problem von überschaubarer Komplexität wurde die Aufgabe gestellt, aus Knete, Plastikstrohhalm und Zahnstochern einen Turm zu konstruieren, der so hoch wie möglich, aber gleichzeitig stabil genug sein sollte, um einen kleinen, mit Murmeln gefüllten Container tragen zu können. Als Werkzeug stand eine Schere zur Verfügung. Die Lösung dieses Problems verlangt die simultane Optimierung zweier Zielkriterien (Höhe und Stabilität) sowie eine möglichst flexible funktionale Redefinition vertrauter Alltagsmaterialien. Wie bei den anderen Aufgaben waren mehrere Versuche möglich, die jeweils dokumentiert wurden. Welche Lösung als beste zu gelten hatte, entschied der Proband. Dieses Problem stellt ein relativ einfaches, aber dennoch komplexes Problem dar, da weder eine eindeutige Lösung zu finden ist, noch die Lösungswege definiert sind. Die besondere Schwierigkeit dieser Aufgabe liegt in der verlangten Dezentralisierungsleistung, wenn gleichzeitig zwei Parameter unter Optimierungsgesichtspunkten im Auge behalten werden müssen.

Die Arbeitsergebnisse wurden 5stufig skaliert, wobei die Interrater-Übereinstimmung bei .90 lag. Als Strategiescore wurde die Summe der für eine Lösung vorgenommenen funktionalen Neudefinitionen von Materialstücken berechnet.

2.2 Tätigkeitsinventar

Um Struktur, Umfang und Intensität außerschulischer Tätigkeiten von Grundschulern zu erfassen, wurde auf der Grundlage von Gesprächen ein umfangreiches Tätigkeitsinventar zusammengestellt, das einer Pilotstichprobe vorgelegt wurde. Die Tätigkeitsangaben des Inventars repräsentierten nach einer Hauptkomponentenanalyse folgende Erfahrungsdimensionen: Technik, Haushalt, Phantasie- und Regelspiele, Begegnung mit der belebten Natur, aktives Musizieren und Tanzen, Lektüre, Fernseh- und Computernutzung sowie Sport. Aufgrund einer Itemanalyse wurden für die Mehrzahl der Dimensionen separate Skalen entwickelt, deren interne Konsistenzen zwischen $\alpha = .70$ und $\alpha = .85$ schwankten. Für den technischen Bereich wurden eine Gesamtskala „Technische Erfahrungen“ sowie zwei Subskalen „Technisches Konstruieren“ und „Kreatives Entwerfen“ gebildet.

2.3 Leistungsmaße

Zur Schätzung der Grundintelligenz wurde die Subskala 2 des CFT 20, die als Marker-test für fluide Intelligenz gilt, eingesetzt. Die interne Konsistenz dieses Untertests fiel mit $\alpha = .55$ niedrig aus.

Zur Erfassung der schulnahen naturwissenschaftlichen/sachkundlichen Grundkenntnisse wurde in einer Vorstudie eine Kurzform des in der „Second International Science Study (SISS)“ der International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) verwendeten Leistungstests entwickelt (MACRURY/WOLFE 1990). Die 26 MC-Items umfassende Kurzform hat eine interne Konsistenz von $\alpha = .92$. Die Testaufgaben wurden unter Gesichtspunkten der curricularen Validität in den drei Substichproben ausgewählt.

3. Stichprobe und Durchführung der Studie

Nach Voruntersuchungen im Jahr 1992 fand die Hauptuntersuchung im März und April 1993 in Grundschulklassen der 4. Jahrgangsstufe in North Carolina (USA), Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern statt. Die Stichprobeneinheiten sind jeweils eine ganze Klasse aus Grundschulen mit sozial unterschiedlichem Einzugsgebiet. Die Schulen wurden gezielt unter dem Gesichtspunkt ausgewählt, eine für die Sozialstruktur des Landes möglichst repräsentative Stichprobe zu erhalten. Es wurden insgesamt 531 Schülerinnen und Schüler in 25 Klassen untersucht. Tabelle 1 gibt einen Überblick über ausgewählte Stichprobenparameter.

Tabelle 1: Stichprobenbeschreibung

Merkmale und Maßzahl	North Carolina	Schleswig-Holstein	Mecklenburg-Vorpommern	Insgesamt
Zahl der Klassen	9	8	8	25
Zahl der Schüler	194	170	167	531
Alter in Jahren	10,3	10,5	10,4	10,4
Anteil der Mädchen in %	47,4	52,2	49,4	49,5
Sozialindex Vater (Mittelwert der Treiman-Skala)	47,4	46,3	42,9	45,6
Sozialindex Mutter (Mittelwert der Treiman-Skala)	47,5	43,4	44,9	45,5
Allgemeine kognitive Fähigkeit (Mittelwert CFT, Subskala 2)	100,8	100,7	98,4	100

Die Stichproben sind hinsichtlich wichtiger Indizes vergleichbar. Die Geschlechtszusammensetzung ist ausgewogen, das mittlere Alter der Schüler beträgt 10,4 Jahre, wobei die amerikanischen Grundschüler im Durchschnitt gut einen Monat jünger sind. Die mittleren Sozialschichtindizes entsprechen in Mecklenburg-Vorpommern dem Durchschnitt der 30- bis 50jährigen Bevölkerung, in Schleswig-Holstein und North Carolina liegen die Stichprobenwerte etwas über dem Durchschnitt der jeweiligen Elterngeneration. In den CFT-Werten unterscheiden sich die Stichproben geringfügig, im naturwissenschaftlichen Grundwissen sind keine Unterschiede festzustellen.

Die Hauptuntersuchung wurde an zwei Tagen in Halbklassen durchgeführt. Die Papier- und Bleistiftaufgaben wurden in der Gruppe bearbeitet. Die technischen Problemlösaufgaben wurden in Einzelsitzungen administriert. Zu diesem Zweck wurde ein Zirkel von getrennten Untersuchungsstationen errichtet, den die Grundschüler im Rhythmus von 12 Minuten durchliefen. Jede Untersuchungsstation wurde von einem Testleiter betreut, der das Untersuchungsmaterial vorbereitete, die Testinstruktion mündlich vornahm, das Verständnis der Instruktion prüfte und den Untersuchungsverlauf sowie die Ergebnisse sämtlicher Versuche exakt protokollierte. Die Testleiter hatten ferner das Arbeitsverhalten der Probanden einzuschätzen. Die Testsituationen waren hinsichtlich Materialvorgabe und möglichen Hilfestellungen standardisiert. Die Testzeit von jeweils 12 Minuten war so bemessen, daß auch langsamere Schüler nicht unter Zeitdruck gerieten.

4. Ergebnisse

4.1 Deskriptive Befunde

Das *Häschen-Problem* erwies sich für 10- bis 11jährige Schüler als ausgesprochen schwierig, wenn diese die Aufgabe völlig selbständig bearbeiteten (siehe Tab. 2). Nur 5 Prozent der Stichprobe fand die Lösung ohne jede Hilfe. Die Aufgabe wird jedoch deutlich leichter, wenn ein einziger aufmerksamkeitslenkender Hinweis gegeben wird. Nach fünf vergeblichen Versuchen bei Zug 3 wurde die standardisierte Hilfe „Was darf nicht geschehen?“ gegeben, nach zwei weiteren Fehlzügen die Hilfe „Du mußt die Farben beim Ziehen nicht wechseln.“ Der erste Hinweis reichte bei fast 30 Prozent der Probanden aus, um den subjektiven Problemraum neu zu organisieren, so daß die Aufgabe zügig gelöst werden konnte. Bei weiteren 30 Prozent der Schüler mußte auch beim kritischen sechsten Zug geholfen werden, da die strategische Einsicht vom dritten Zug nicht auf den späteren Zug übertragen werden konnte. 16 Prozent der Schüler waren entweder überhaupt nicht in der Lage, die Barriere zu erkennen, oder blieben der einmal gewählten, nicht zum Ziel führenden Strategie verhaftet.

Tabelle 2: Lösungshäufigkeiten der Häschen-Aufgabe (spiegelbildlicher Algorithmus)

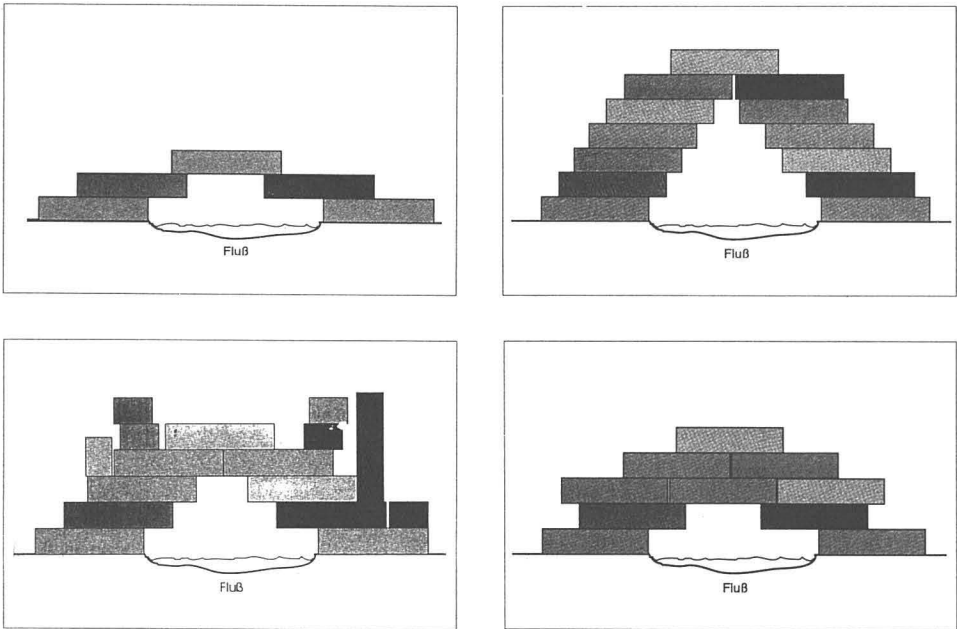
Ausprägung	Wert	Prozent
Mißerfolg beim dritten Zug trotz Hilfe, ohne verbotene Stellung zu erkennen	0	10,9
Mißerfolg beim dritten Zug; erkennt verbotene Stellung, ändert aber Strategie nicht	1	5,1
Erkennt verbotene Stellung, aber zieht einen einzelnen Stein in Randstellung	2	6,7
Mißerfolg beim sechsten Zug trotz Hilfe	3	13,5
Erfolg mit Hilfe beim dritten und sechsten Zug	4	29,5
Erfolg mit Hilfe beim dritten oder sechsten Zug	5	29,1
Erfolg ohne Hilfe	6	5,1

Das *Brücken-Problem* konnten 17,8 Prozent der Untersuchungsteilnehmer weitgehend korrekt lösen, obwohl die Bauprinzipien der Brücke keineswegs evident sind, sondern nur durch kontinuierliche Überwachung des Konstruktionsprozesses operativ erfaßt werden können (Tab. 3). Die erfolgreichen Grundschüler verfügten wahrschein-

Tabelle 3: Lösungshäufigkeiten der Brückenkonstruktions-Aufgabe (eine Lösung, mehrere Lösungswege)

Ausprägung	Wert	Prozent
Keine Lösung	0	5,4
Minimallösung (5 Blöcke)	1	4,1
Treppenkonstruktion	2	18,1
Gegengewichte	3	43,1
Unvollständige Kräfteverteilung	4	11,5
Korrekte Kräfteverteilung, aber Lösung instabil	5	5,8
Korrekte Kräfteverteilung, stabil	6	12,0

Abbildung 5



lich nicht nur über brauchbares (implizites) Handlungswissen, sondern waren offensichtlich auch in der Lage, den eigenen Konstruktionsprozeß metakognitiv zu steuern, so daß sie in der Regel nach mehreren Konzeptwechseln zur richtigen Lösung gelangten. Die Häufigkeitsverteilung der Tabelle 3 zeigt aber auch, wie schwierig es für Kinder im Grundschulalter ist, Strategiewechsel vorzunehmen, wenn sich intuitive Lösungen wie die Treppenkonstruktion oder die Gegengewichte als untauglich erweisen (Abb. 5).

Im Vergleich zur Brücken- und Turmkonstruktion stellt die *Windmaschinen-Aufgabe*, die den Entwurf eines Übersetzungsgetriebes verlangt, höhere Anforderungen an technisches Verständnis im engeren Sinne. Abbildung 6 gibt einen anschaulichen Überblick über die bemerkenswerten Verständnisunterschiede.

Wie Tabelle 4 zeigt, waren 13 Prozent der Schüler in der Lage, technisch perfekte Lösungen zu erarbeiten. Ungefähr ein Viertel löste das Basisproblem der Kraftübertragung funktional korrekt, ohne allerdings das Übersetzungsproblem angehen zu können. Die Mehrzahl der Grundschüler verfügt offenbar nur über sehr rudimentäre kognitive Schemata der Konstruktionssituation.

Tabelle 4: Lösungshäufigkeiten bei der Windmaschinen-Aufgabe (eine Lösung, mehrere Lösungswege)

Ausprägung	Wert	Prozent
Einfache Verbindung zwischen Hebel und Propeller, nicht funktionsfähig	1	27,2
Verbindung mit Zahnrädern, Ketten oder Federn, nicht funktionsfähig	2	28,5
Funktionsfähige Verbindung, ohne Übersetzung	3	24,9
Funktionsfähige Verbindung mit fehlerhafter Übersetzung	4	6,3
Funktionsfähige Verbindung mit korrekter Übersetzung	5	13,1

Windmaschine

222

Zeichne das Innere der Windmaschine so, daß sich der Propeller schnell dreht, wenn die Kurbel langsam gedreht wird.

Wenn Du weitere Ideen hast oder es noch einmal probieren möchtest, verwende bitte das zweite Blatt.

War die Aufgabe für Dich schwierig, weniger schwierig oder gar nicht schwierig?

gar nicht schwierig

weniger schwierig

schwierig

☐

☒

☐

Wind Machine

Draw the internal parts of the machine in such a way that the propeller turns fast when the crank is turned slowly.

If you have other ideas or want to try again, please use a second piece of paper.

Was the question difficult, somewhat difficult or not difficult at all for you?

not difficult at all

somewhat difficult

difficult

☐

☐

☐

Windmaschine

133

Zeichne das Innere der Windmaschine so, daß sich der Propeller schnell dreht, wenn die Kurbel langsam gedreht wird.

Wenn Du weitere Ideen hast oder es noch einmal probieren möchtest, verwende bitte das zweite Blatt.

War die Aufgabe für Dich schwierig, weniger schwierig oder gar nicht schwierig?

gar nicht schwierig

weniger schwierig

schwierig

☐

☒

☐

Windmaschine

48

Zeichne das Innere der Windmaschine so, daß sich der Propeller schnell dreht, wenn die Kurbel langsam gedreht wird.

Wenn Du weitere Ideen hast oder es noch einmal probieren möchtest, verwende bitte das zweite Blatt.

War die Aufgabe für Dich schwierig, weniger schwierig oder gar nicht schwierig?

gar nicht schwierig

weniger schwierig

schwierig

☐

☐

☒

Tabelle 5: Lösungshäufigkeiten der Turmkonstruktions-Aufgabe (mehrere Lösungen, mehrere Lösungswege)

Ausprägung	Wert	Prozent
Aufhäufen von Material niedriger als Zahnstocherlänge	1	21,2
Zahnstocherhohe Konstruktion	2	21,7
Trinkhalmhoher Turm oder höher, instabil	3	27,2
Turm zwischen Zahnstocher- und Trinkhalmhöhe, stabil	4	20,2
Turm in Trinkhalmhöhe oder höher, stabil	5	9,7

Die *Turmkonstruktion* (siehe Abb. 7) schließlich erwies sich als schwieriger, als zunächst zu erwarten war (siehe Tab. 5). Diese Aufgabe verlangt einerseits Feldunabhängigkeit, wenn vertrautes Alltagsmaterial funktional neu definiert werden muß, und andererseits ein eher konvergentes Vorgehen, wenn zwei Ziele miteinander in Einklang zu bringen sind. Nur 10 Prozent der Grundschüler waren überhaupt in der Lage, zwei Parameter – Höhe und Stabilität – im Auge zu behalten. Ungefähr die Hälfte der Schüler zentrierte entweder auf Höhe *oder* Stabilität. Etwa 40 Prozent der Untersuchungsteilnehmer schließlich schien die Idee des Turmbaus überhaupt vergessen zu haben. Dieser Teil hatte bereits erhebliche Schwierigkeiten bei der Redefinition des Materials, so daß überhaupt kein angemessener subjektiver Problemraum entwickelt werden konnte.

Abbildung 7

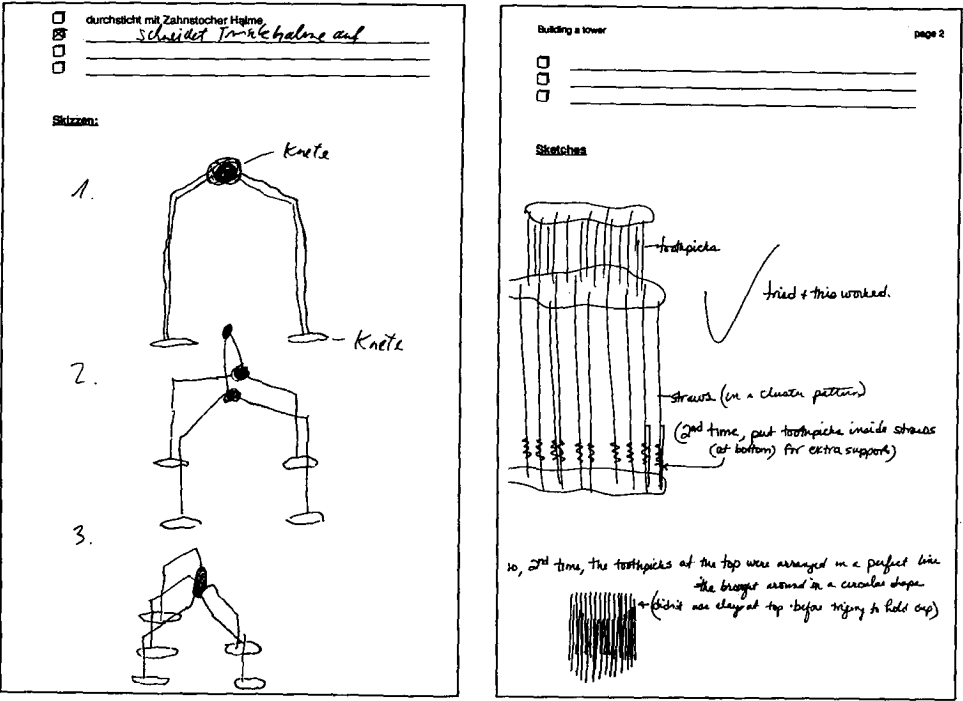


Tabelle 6: Mittlere Lösungsgüte nach Aufgabe, Land und Geschlecht (zweifaktorielle multivariate Varianzanalyse, Haupteffekte¹)

Problem	Mittelwerte		Differenz/sd	Univariate F-Werte (1; 486)	p
Haupteffekt: Land					
	Deutschland	USA			
Häschen	3.9	2.9	.59	38.68	< .001
Brücke	3.3	2.8	.33	10.36	.001
Windmaschine	3.1	2.7	.22	5.07	.025
Turm	7.4	5.9	.54	34.02	< .001
Haupteffekt: Geschlecht					
	männlich	weiblich			
Häschen	3.6	3.5	.06	1.45	.230
Brücke	3.4	2.9	.33	10.37	.001
Windmaschine	3.4	2.5	.50	23.90	< .001
Turm	7.0	6.7	.10	.30	.570

¹ Interaktion n.s.

Vergleicht man die mittlere Lösungsgüte von Jungen und Mädchen in Deutschland und den USA, so ergibt sich hinsichtlich der Länderunterschiede ein konsistentes, hinsichtlich der Geschlechtsunterschiede ein durchaus differenziertes Bild (siehe Tab. 6).

In einer zweifaktoriellen multivariaten Varianzanalyse mit den Faktoren Land und Geschlecht wird der multivariate Interaktionsterm nicht signifikant. Dementsprechend werden in Tabelle 6 auch nur die Haupteffekte berichtet. In allen vier Problemlöseaufgaben sind die Grundschüler aus Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern den Alterskameraden aus North Carolina überlegen. Die Unterschiede sind insbesondere bei der Regelspielaufgabe und der Turmkonstruktion, die Dezentralisierung und Feldunabhängigkeit verlangt, mit mehr als einer halben Standardabweichung beträchtlich. Am geringsten fallen die Unterschiede bei der Konstruktionsaufgabe aus, die eine zeichnerische Lösung verlangt und dem Schulrepertoire vermutlich am nächsten steht.

In Deutschland und den USA unterscheiden sich Jungen und Mädchen in ihren Problemlöseleistungen in gleicher Weise. In den streng konstruktiv-technischen Aufgaben wie der Brücken- und Windmaschinenkonstruktion fallen die Mädchen deutlich hinter den Jungen zurück. Dagegen sind sowohl bei der Lösung des algorithmischen Problems des Häschenspiels als auch bei der kreativen Turmkonstruktion keine Differenzen nachweisbar. Am Ende der Grundschulzeit ist der im engeren Sinne technische Bereich bereits eine deutliche Domäne der Jungen.

4.2 Modellüberprüfung

Bau- und Konstruktionsspiele gehören zur sozialen Praxis sowohl von Kindergarten- als auch von Grundschulkindern. Sie beanspruchen einen beträchtlichen Teil der kindlichen Spielzeit, so daß man durchaus von einer gemeinsamen Erfahrungsdomäne sprechen kann (AZMITIA 1988, EINSIEDLER 1994, HETZER 1931, LÖSCHENKOHL 1981, RUBIN/FEIND/VANDENBERG 1983, TREINIES/EINSIEDLER 1989). Dem Modell der situierten

Kognition entsprechend sollte damit ein bereichsspezifisches und erfahrungsbasiertes Problemlöserepertoire verfügbar sein, das sich auch bei der Bearbeitung der manuellen und ikonischen Konstruktionsaufgaben unserer Studie zeigt. Dabei müßten sich Grundschüler in Abhängigkeit von der individuellen Spiel- und Erfahrungsgeschichte nicht nur im Niveau ihrer Problemlösefähigkeit, sondern vor allem auch in der transsituativen Verhaltenskonsistenz unterscheiden. Bei konstruktionserfahrenen Schülern sollte die situative Varianz des Problemlöseerfolgs sichtbar zurückgehen.

Diese Annahmen wurden mit Hilfe konfirmatorischer Faktorenanalysen überprüft. Abbildung 8 zeigt zwei alternative Grundmodelle. Im Falle einer tatsächlich homogenen sozialen Praxis sollte das bereichsspezifische Einfaktorenmodell „Technisches Konstruieren“ anpaßbar sein (Modell I). Das konkurrierende hierarchische Modell (Modell II) rechnet mit einem bereichsspezifischen Fähigkeitsfaktor, aber auch mit nicht-korrelierten Situationsfaktoren, in denen sich die Spezifität der jeweiligen Aufgabe abbildet. Im Falle eines bereichsspezifischen, aber situationsübergreifenden Konstruktionsrepertoires sollte der Anteil der aufgabenspezifischen Lösungsvarianz gering sein.

Die Modellparameter wurden mit LISREL 8 geschätzt (JÖRESKOG/SÖRBOM 1993). Für die Situationsfaktoren wurde Tau-Äquivalenz des Meßmodells angenommen, um stabile Modellschätzungen zu erreichen. Im Falle des Windmaschinen-Problems sind Situations- und Fehlerterm konfundiert, da nur ein Situationsindikator verfügbar ist. Abbildung 8b zeigt die Strukturkoeffizienten und Tabelle 7 die Anpassungsindizes der beiden Modelle.

Modell I, das nur einen bereichsspezifischen Fähigkeitsfaktor vorsieht, ist mit den empirischen Daten nicht verträglich. Dagegen weist das hierarchische Modell trotz der restriktiven Annahmen des Meßmodells eine ausgezeichnete Anpassung auf. Die Ladungen des Merkmalfaktors sind relativ niedrig, aber durchgehend signifikant. Unter Berücksichtigung der situativen Variabilität des technischen Problemlöseverhaltens ist also eine bereichsspezifische Problemlösekompetenz nachweisbar. Die transsituiative Verhaltenskonsistenz der Untersuchungsteilnehmer ist jedoch gering. Nur 13 Prozent der Lösungsvarianz fällt auf den Fähigkeitsfaktor, während die Situationsfaktoren 60 Prozent und die Fehlerterme 27 Prozent der Varianz binden. Selbst wenn man in Rechnung stellt, daß die aufgabenspezifische Variabilität durch die Konfundierung der Situations- und Fehlervarianzen im Falle des Windmaschinen-Problems überschätzt wird,

Abbildung 8

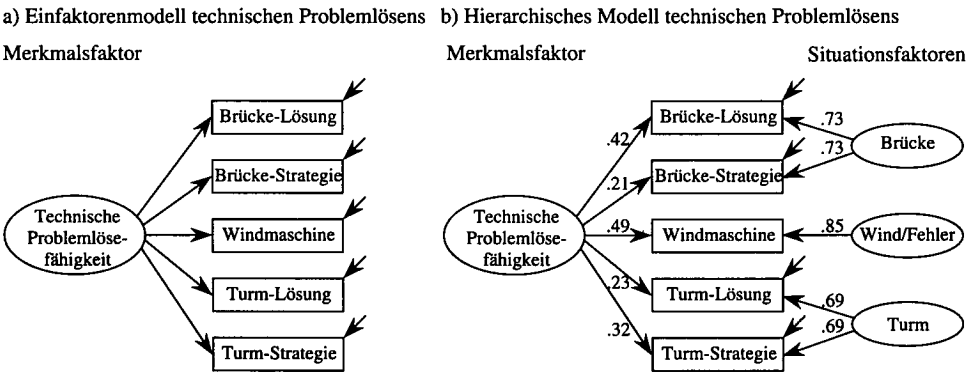


Tabelle 7: Vergleich bereichsspezifischer Modelle

Modelle	chi ² /df	Anpassungsindizes			
		p	AGFI (GFI)	RMSR	CAIC
Bereichsspezifischer Fähigkeitsfaktor „Technisches Konstruieren“ (I)	185/5	< 0.01	.65	.15	256.93
Hierarchisches Modell: Bereichsspezifischer Fähigkeitsfaktor und nicht-korrelierte Situationsfaktoren (II)	3/3	.38	.99	.01	89.36
Hierarchisches, bereichsspezifisches Modell: invariant in Gruppen mit unterschiedlichen Technikererfahrungen	12/18	.87	.98	.04	

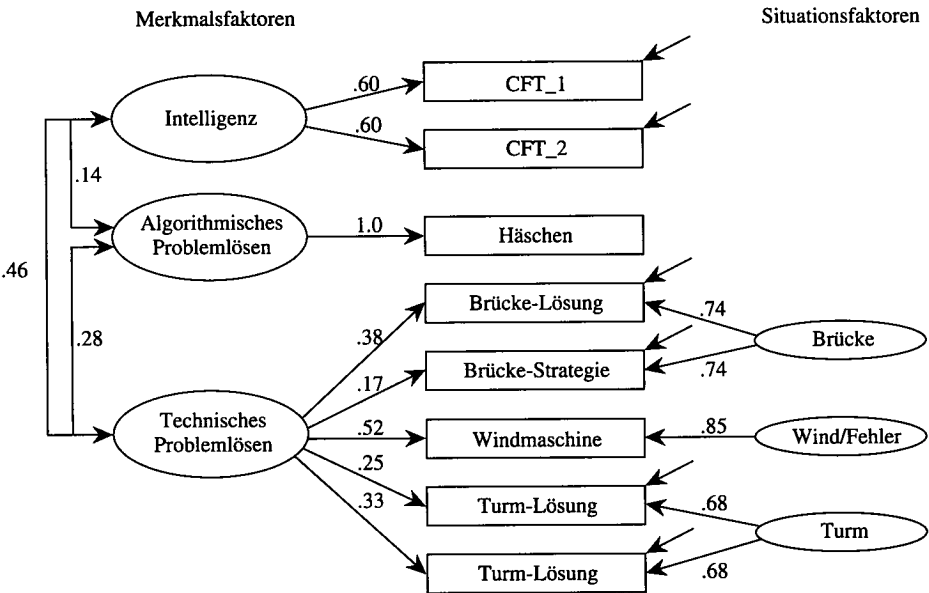
ist die Situationsabhängigkeit des Lösungserfolgs beträchtlich. In authentischen Situationen erworbenes praktisches Wissen ist selbst innerhalb desselben Erfahrungsbereichs nur sehr begrenzt auf variierende Problemstellungen anwendbar. Im Falle der Schule würde man wohl von pädagogischem Mißerfolg sprechen.

Den Ausgangshypothesen entsprechend sollte die transsituative Verhaltenskonsistenz von der individuellen bzw. sozialen Erfahrungsgeschichte abhängen: Mit zunehmender Erfahrungsdichte verbreitert sich das Situationsrepertoire und situative Schwankungen in der Bearbeitungsgüte gehen zurück. Diese Annahme wurde in einem Zweigruppenvergleich von Schülern mit umfangreichen und weniger umfangreichen Konstruktionserfahrungen für das bereichsspezifische hierarchische Modell (Modell II) überprüft. Die Gruppen wurden durch Median-Split der Variablen „Konstruktive technische Alltagserfahrungen“ gebildet. In der Gruppe mit größerer Erfahrung sollte die Situationsvarianz zugunsten der Merkmalsvarianz signifikant zurückgehen. Die Modellprüfung zeigt, daß diese Vermutung nicht zutrifft. Bei für beide Gruppen getrennter Schätzung der Koeffizienten zeigen sich keine Unterschiede in der Relation der Varianzanteile. Vielmehr ist – wie Tabelle 7 zeigt – die strenge Annahme der Invarianz aller Parameter in beiden Gruppen aufrechtzuerhalten. Das Niveau der technischen Problemlösefähigkeit ist allerdings durchaus vom Ausmaß individueller Erfahrung abhängig. Der Unterschied zwischen den Mittelwerten beider Gruppen ist mit .30 Standardabweichungen nicht unbedeutend ($F = 9.9$, $df = 1;486$, $p = .002$).

Um die Bereichsspezifität des Problemlöserepertoires zu überprüfen, wurde das hierarchische Modell im ersten Schritt um eine bereichsfremde Aufgabe, im zweiten Schritt durch einen Intelligenzfaktor erweitert. Entsprechend den Annahmen der situierten Kognition sollte das erfahrungsbasierte Handlungswissen in hohem Maße bereichsspezifisch und insbesondere von dekontextualisierten Fähigkeitsmaßen unabhängig sein. Abbildung 9 zeigt das erweiterte hierarchische Modell.

Tabelle 8 zeigt, daß ein hierarchisches Modell mit unkorrelierter bereichsfremder Aufgabe nicht anpaßbar ist. Läßt man dagegen eine bereichsübergreifende Korrelation zu, ist die Modellanpassung sehr gut. Dieses Ergebnismuster wiederholt sich beim Ein-schluß eines Intelligenzfaktors. Ein Modell mit nichtkorreliertem Intelligenzfaktor ist nicht anpaßbar. Dagegen ist die Anpassung des erweiterten hierarchischen Modells bei freier Schätzung der Korrelationen zwischen den latenten Merkmalsfaktoren gut (siehe

Abbildung 9: Erweitertes hierarchisches Modell



Tab. 9). Die Interkorrelationen sind signifikant und im Falle der Zusammenhänge zwischen Intelligenz und technischem Problemlösen ($r = .46$) und algorithmischem und technischem Problemlösen ($r = .28$) auch substantiell (siehe Abb. 9). Die beträchtliche Korrelation zwischen fluider Intelligenz und technischer Problemlösefähigkeit spricht für die Dekontextualisierung situationsübergreifend anwendbaren Konstruktionswissens. Wie die Anpassungsindizes eines Zweigruppenvergleichs (Deutschland/USA) belegen, kann dieses hierarchische Modell auch kulturübergreifende Gültigkeit beanspruchen. Die Annahme der Invarianz aller Parameter ist in der amerikanischen und deutschen Stichprobe mit den empirischen Daten gut verträglich (Tab. 9).

Tabelle 8: Vergleich bereichsübergreifender Modelle

Modell	Anpassungsindizes				
	chi ² /df	p	AGFI (GFI)	RMSR	CAIC
Hierarchisches Modell mit nicht-korrelierter bereichsfremder Aufgabe (III)	28/8	< 0.01	.95	.06	121.50
Hierarchisches Modell mit korrelierter bereichsfremder Aufgabe (IV)	10/7	.18	.98	.03	110.82

Tabelle 9: Vergleich bereichsübergreifender Modelle unter Einschluß eines Intelligenzfaktors

Modell	Anpassungsindizes				
	chi ² /df	p	AGFI (GFI)	RMSR	CAIC
Hierarchisches, bereichsübergreifendes Modell mit nicht-korreliertem Faktor „Fluide Intelligenz“ (V)	49/19	< 0.01	.96	.060	171.55
Hierarchisches, bereichsübergreifendes Modell mit korreliertem Intelligenzfaktor (VI)	27/17	.06	.97	.035	163.55
Hierarchisches, bereichsübergreifendes Modell mit korreliertem Intelligenzfaktor, kulturinvariante Parameter	57/52	.29	(.95)	.060	.

4.3 Kommunalitätenanalyse

Die bisherigen Analysen haben gezeigt, daß praktische Erfahrungen in authentischen Situationen selbst innerhalb derselben Erfahrungsdomäne keine Gewähr für anwendbares Handlungswissen bieten. Schon VYGOTSKY (1962), der die Eigentätigkeit als Basis des Wissenserwerbs herausgestellt hatte, wies auf die begrenzte Reichweite „spontaner“ Konzepte hin, von denen er „wissenschaftliche“ Konzepte, die im formalen Unterricht erworben werden, absetzt. Welche Bedeutung haben technische Alltagserfahrungen für die Lösung von alltagsnahen und zugleich schulfernen Konstruktionsproblemen im Vergleich zu sachkundlichem Schulwissen und allgemeiner Intelligenz? Die auf der Basis von Strukturgleichungsmodellen durchgeführte Kommunalitätenanalyse gibt eine deutliche Antwort. Technische Alltagserfahrungen, naturwissenschaftliches Grundwissen und fluide Intelligenz erklären insgesamt 51 Prozent der Varianz der technischen Problemlösefähigkeit. Der spezifische Erklärungsbeitrag des sachkundlichen Wissens beträgt 31 Prozent der Varianz, und 15 Prozent der Varianz erklären Schulwissen und Intelligenz gemeinsam. Dagegen entfallen nur 3 Prozent der Kriteriumsvarianz auf technische Alltagserfahrungen. Der spezifische Erklärungsbeitrag der Intelligenz ist mit 2 Prozent statistisch nicht signifikant. Das systematisch, aber immer noch erfahrungsnah vermittelte naturwissenschaftliche Wissen der Grundschule hat für den erfolgreichen Umgang mit alltagsnahen Konstruktionsaufgaben weitaus größere Bedeutung als fluide Intelligenz und die individuelle Geschichte praktischer Erfahrungen.

5. Zusammenfassung

Im Erfahrungsbereich technischer Bauspiele läßt sich eine situationübergreifende Fähigkeit zur erfolgreichen Bearbeitung technischer Konstruktionsprobleme identifizieren. Die transssituative Verhaltenskonsistenz ist jedoch eher gering. Während etwa 60 Prozent der Lösungsvariabilität auf Situationsfaktoren entfällt, bindet der latente Fähigkeitsfaktor nur 13 Prozent der Varianz. Der Erfolg beim Lösen technischer Alltagsauf-

gaben hängt maßgeblich von den Besonderheiten der jeweiligen Aufgabenstellung ab. Trotz in der Regel beträchtlicher Bauspielerfahrungen erwerben Kinder in der Abfolge alltäglicher Spielsituationen keineswegs in actu ein Handlungswissen, das den Erfahrungsraum des konstruktiven Spiels umfassend erschließt.

Das in authentischen Situationen erworbene praktische Wissen ist auch bei variierenden Problemstellungen *desselben* Erfahrungsbereichs nicht ohne weiteres anwendbar. Der Befund, daß die situationsübergreifende Verhaltenskonstanz nicht nachweisbar vom Ausmaß der individuellen Erfahrungen mit unterschiedlichen Konstruktionsspielen abhängt, widerspricht einer Grundannahme des Modells der situierten Kognition. Die implizite Rationalität nichtentfremdeten praktischen Alltagshandelns scheint selbst in relativ eng umschriebenen Erfahrungsbereichen begrenzter zu sein, als der pädagogische Optimismus ganzheitlichen Lernens erwarten läßt.

Das Lösen von Konstruktionsproblemen ist offenbar nicht unabhängig von der Leistung in anderen, inhaltlich und strukturell kaum verwandten Spieldomänen. Die latente Dimension technischer Problemlösefähigkeit kovariiert mit dem Lösungserfolg bei algorithmischen Problemen. Die Hypothese unabhängiger Erfahrungsbereiche ist mit den empirischen Daten nicht kompatibel. Dies spricht für eine gewisse Dekontextualisierung von Handlungswissen. Dieser Schluß wird durch den Befund gestützt, daß die technisch-konstruktive Problemlösefähigkeit von Grundschulkindern substantiell mit fluider Intelligenz zusammenhängt. Die Interkorrelation der latenten Konstrukte beträgt $r = .46$.

Dennoch ist das *Niveau* der technischen Problemlösefähigkeit auch vom Reichtum individueller Erfahrungen abhängig, die im vielfältigen Umgang mit technischen Alltagserscheinungen und Konstruktionsspielen gewonnen wurden. Schülergruppen, die über ein unterschiedliches Ausmaß an Erfahrungen mit technischen Gegenständen und Spielzeugen verfügen, unterscheiden sich in ihrer technischen Problemlösekompetenz. Dieses Ergebnis ist gut mit Dekontextualisierungsannahmen zu erklären. Nach ADAMS (1989) und ANDERSON (1987) entwickelt sich anwendbares Handlungswissen in der systematischen Erprobung in unterschiedlichen Anwendungssituationen.

Das hierarchische Modell technischen Problemlösens im Grundschulalter, das eine intelligenzkorrelierte Merkmalsdimension allgemeinerer technischer Problemlösefähigkeit und unkorrelierte Aufgaben- bzw. Situationsfaktoren vorsieht, scheint robust und transkulturell valide zu sein. Die Annahme eines parallelen Meß- und Strukturmodells in der deutschen und amerikanischen Stichprobe von 10- bis 11jährigen Grundschulern kann aufrechterhalten werden.

Schließlich ist die strikte Gegenüberstellung von anwendbarem Alltagswissen und inertem Instruktionswissen jedenfalls für den sachkundlichen Bereich der Grundschule nicht haltbar (ZUZOVSKY/CHEN/TAMIR 1990). Im Gegenteil – das systematisch, aber immer noch erfahrungsnah vermittelte Wissen der Grundschule hat für den erfolgreichen Umgang mit technischen Konstruktionsaufgaben weitaus größere Bedeutung als die individuelle Geschichte einschlägiger Alltagserfahrungen. Dies gilt auch unter Konstanzhaltung der fluiden Intelligenz. Ob sich diese Relation im Laufe der Schulzeit und vor allem nach Einführung des gefächerten naturwissenschaftlichen Unterricht zuungunsten der Schule ändert, ist eine didaktisch und schulpädagogisch wichtige Frage, die weiterer Untersuchung bedarf.

Literaturverzeichnis

- ACHTENHAGEN, F.: Lernen, Denken, Handeln in komplexen ökonomischen Situationen – Sechzehn Aussagen zu Ergebnissen des Göttinger Forschungsprojekts, verbunden mit einem Ausblick für eine weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit. In: ACHTENHAGEN, F./JOHN, E. G. (Hrsg.): Mehrdimensionale Lehr-Lern-Arrangements. Innovationen in der kaufmännischen Aus- und Weiterbildung. Wiesbaden 1992, S. 39–42.
- ADAMS, M.: Thinking skills curricula: Their promise and progress. In: EDUCATIONAL PSYCHOLOGIST 24 (1989), 1, pp. 25–77.
- ANDERSON, J. R.: The architecture of cognition. Cambridge, MA 1983.
- ANDERSON, J. R.: Skill acquisition: Compilation of weak-method problem solutions. In: PSYCHOLOGICAL REVIEW 94 (1987), pp. 192–210.
- AZMITIA, M.: Peer interaction and problem solving: When are two heads better than one? In: CHILD DEVELOPMENT 59 (1988), pp. 87–96.
- BASSOK, M./HOLYOAK, K. J.: Pragmatic knowledge and conceptual structure: Determinants of transfer between quantitative domains. In: DETTERMAN, D. K./STERNBERG, R. J. (Eds.): Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction. Norwood, NJ 1993, pp. 68–98.
- BRANSFORD, J. D.: Human cognition. Learning, understanding and remembering. Belmont, CA 1979.
- BRANSFORD, J. D./FRANKS, J. D./VYE, N. J./SHERWOOD, R. D.: New approaches to learning and instruction: Because wisdom can't be told. In: VOSNIADOU, S./ORTONY, A. (Eds.): Similarity and analogical reasoning. Cambridge 1989, pp. 470–497.
- BRANSFORD J. D./VYE, N. J./ADAMS, L. T./PERFETTO, G. A.: Learning skills and the acquisition of knowledge. In: LESGOLD, A. M./GLASER, R. (Eds.): Foundations for a psychology of education. Hillsdale, NJ 1989, pp. 199–249.
- CARAMAZZA, A./MCCLOSKEY, M./GREEN, B.: Naïve beliefs in „sophisticated“ subjects: Misconceptions about trajectories of objects. In: COGNITION 2 (1981), pp. 117–123.
- CARRAHER, T. N./CARRAHER, D. W./SCHLIEHMANN, A. D.: Mathematics in the streets and in schools. In: BRITISH JOURNAL OF DEVELOPMENTAL PSYCHOLOGY 3 (1985), pp. 21–29.
- CHI, M. T. H.: Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In: GIERE, R. (Ed.): Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science. Minneapolis, MN 1992, pp. 129–160.
- CHI, M. T. H./SLOTTA, J. D.: The ontological coherence of intuitive physics. In: COGNITION AND INSTRUCTION 10 (1993), 2/3, pp. 249–260.
- CHIPMAN, S. F./SEGAL, J. W./GLASER, R. (Eds.): Thinking and learning skills. Vol. 2: Research and open questions. Hillsdale, NJ 1985.
- CLANCEY, W. J.: Situated action: A neuropsychological interpretation response to Vera and Simon. In: COGNITIVE SCIENCE 17 (1993), pp. 87–116.
- COLLINS, A./BROWN, J. S./NEWMAN, S. E.: Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In: RESNICK, L. B. (Ed.): Knowing, learning, and instruction. Hillsdale, NJ 1989, pp. 453–494.
- DAHLGREN, L. O./MARTON, F.: Students' conceptions of subject matter: An aspect of learning and teaching in higher education. In: STUDIES IN HIGHER EDUCATION 3 (1978), pp. 25–35.
- DAMON, W.: Problems of direction in socially shared cognition. In: RESNICK, L. B./LEVINE, J. M./TEASLEY, S. D. (Eds.): Perspectives on socially shared cognition. Washington, DC 1991, pp. 1–20.
- DISSA, A. A.: Toward an epistemology of physics. In: COGNITION AND INSTRUCTION 10 (1993), 2/3, pp. 105–225.
- DÖRNER, D.: Problemlösen und Informationsverarbeitung. Stuttgart 1979.
- DÖRNER, D.: Denken, Problemlösen und Intelligenz. In: PSYCHOLOGISCHE RUNDSCHAU 35 (1984), S. 10–20.
- DÖRNER, D./KREUZIG, H. W./REITHER, F./STAUDEL, T. (Hrsg.): Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit. Bern 1983.
- DRIVER, R.: Constructivist perspectives on learning science. In: LUNSE, P. L.: European research in science education – Proceedings of the first Ph. D. Summerschool. Utrecht 1994, pp. 64–74.
- DUTT, R.: Conceptual change approaches in science education. Paper presented at the „Symposium on Conceptual Change“, Friedrich-Schiller-Universität, Jena 1994.
- DUTT, R.: Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftsdidaktischen Lehr- und Lernforschung. In: ZEITSCHRIFT FÜR PÄDAGOGIK (in Druck).
- DUNCKER, K.: Zur Psychologie des produktiven Denkens. Berlin 1935.
- EINSIEDLER, W.: Das Spiel der Kinder. Zur Pädagogik und Psychologie des Kinderspiels. Bad Heilbrunn 1994.
- FREDERIKSEN, N.: Implications of cognitive theory for instruction in problem solving. In: REVIEW OF EDUCATIONAL RESEARCH 54 (1984), pp. 363–407.
- FRIEDRICH, H. F./MANDL, H.: Lern- und Denkstrategien – ein Problemaufriß. In: MANDL, H./FRIEDRICH, H. F. (Hrsg.): Lern- und Denkstrategien. Göttingen 1992, S. 3–54.

- FUNKE, J.: Komplexes Problemlösen – Bestandsaufnahme und Perspektiven. Heidelberg 1986.
- GARNER, R./ALEXANDER, P. A.: Metacognition: Answered and unanswered questions. In: EDUCATIONAL PSYCHOLOGIST 24 (1989), pp. 143–158.
- GICK, M. L./HOLYOAK, K. J.: Schema induction and analogical transfer. In: COGNITIVE PSYCHOLOGY 15 (1983), pp. 1–38.
- GICK, M. L./HOLYOAK, K. J.: The cognitive basis of knowledge transfer. In: CORMIER, S. M./HAGMAN, J. D. (Eds.): Transfer of learning: Contemporary research and applications. San Diego, CA 1987, pp. 9–46.
- GRASEL, C./PRENZEL, M./MANDL, H.: Konstruktionsprozesse beim Bearbeiten eines fallbasierten Computerlernprogramms. In: TARNAI, C. (Hrsg.): Beiträge zur empirischen pädagogischen Forschung. Münster 1993, S. 55–66.
- GREENO, J. G.: Situations, mental models, and generative knowledge. In: KLAHR, D./KOTOVSKY, K. (Eds.): Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon. Hillsdale, NJ 1989, pp. 285–318.
- GREENO, J. G./SMITH, D. R./MOORE, J. L.: Transfer of situated learning. In: DETTERMANN, D. K./STERNBERG, R. J. (Eds.): Transfer on trial: Intelligence, cognition, and instruction. Norwood, NJ 1993, pp. 99–167.
- HALPERN, D. F. (Ed.): Enhancing thinking skills in the sciences and mathematics. Hillsdale, NJ 1992.
- HATANO, G./INAGAKI, K.: Desituating cognition through the construction of conceptual knowledge. In: LIGHT, P./BUTTERWORTH, G. (Eds.): Context and cognition: Ways of learning and knowing. Hillsdale, NJ 1992, pp. 115–133.
- HEGARTY, M.: Knowledge and processes in mechanical problem solving. In: STERNBERG, R. J./FRENSCH, P. A. (Eds.): Complex problem solving: Principles and mechanism. Hillsdale, NJ 1991, pp. 253–285.
- HETZER, H.: Kind und Schaffen. Jena 1931.
- HOLYOAK, K. J./KOH, K.: Surface and structural similarity in analogical transfer. In: MEMORY AND COGNITION 15 (1987), pp. 332–340.
- JÖRESKOG, K. G./SÖRBOM, D.: Lisrel 8. User's reference guide. Chicago, IL 1993.
- KATONA, G.: Organizing and memorizing. New York 1940.
- KLAUER, K. J.: Allgemeine oder bereichsspezifische Transfereffekte eines Denktrainings? Ein Beitrag zur Prüfung der präskriptiven Theorie des induktiven Denkens. In: ZEITSCHRIFT FÜR ENTWICKLUNGSPSYCHOLOGIE UND PÄDAGOGISCHE PSYCHOLOGIE 21 (1989), S. 185–200.
- KLAUER, K. J.: Problemlösestrategien im experimentellen Vergleich: Effekte einer allgemeinen und einer bereichsspezifischen Strategie. In: MANDL, H./FRIEDRICH, H. F. (Hrsg.): Lern- und Denkstrategien. Göttingen 1992, S. 57–78.
- KLEWITZ, E.: Kinder bauen Brücken – Erkenntnisprozesse beim Konstruieren. In: LAUTERBACH, R./KÖHNLEIN, W./SPRECKELSEN, K./BAUER, H. F. (Hrsg.): Wie Kinder erkennen – Vorträge des Arbeitstreffens zum Naturwissenschaftlich-Technischen Sachunterricht am 26. und 27. März in Nürnberg. (Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, 1) Kiel 1991, S. 137–146.
- KLIX, F.: Information und Verhalten. Bern 1971.
- KLUWE, R. H./SCHILDE, A./FISCHER, C./OELLERER, N.: Problemlöseleistungen beim Umgang mit komplexen Systemen und Intelligenz. In: DIAGNOSTICA 37 (1991), S. 291–313.
- KOTOVSKY, K./FALLSIDE, D.: Representation and transfer in problem solving. In: KLAHR, D./KOTOVSKY, K. (Eds.): Complex information processing: The impact of Herbert A. Simon. Hillsdale, NJ 1989, pp. 69–108.
- LAVE, J.: Cognition in practice. Mind, mathematics and culture in everyday life. Cambridge 1988.
- LAVE, J.: Situating learning in communities of practice. In: RESNICK, L. B./LEVINE, J. M./TEASLEY, S. D.: Perspectives on socially shared cognition. Washington, DC 1991, pp. 63–82.
- LAVE, J./MURTAUGH, M./ROCHA, O. DE LA: The dialectic of arithmetic in grocery shopping. In: ROGOFF, B./LAVE, J. (Eds.): Everyday cognition: Its development in social context. Cambridge, MA 1984, pp. 67–94.
- LAW, L.-C.: Symbolic processing vs. situated action: A dialectical synthesis? (Research report No. 24, Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie) München 1993.
- LAW, L.-C.: Transfer of learning: Situated cognition perspectives. (Research report No. 32, Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie) München 1994.
- LAWSON, A. E./ABRAHAM, M. R./RENNER, J. W.: A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. (Monograph Number One, National Association for Research in Science Teaching) 1989.
- LÖSCHENKOHL, E.: Leistung, Lernprozeß und Motivation im Kinderspiel. Wien 1981.
- MACRURY, K. A./WOLFE, R. G.: Second international science study. Data analysis and archiving project. Instrumentation. Canada 1990.
- MAIER, N. R. F.: Reasoning in humans I, On Direction. Zitiert nach: DUNCKER, K.: Zur Psychologie des produktiven Denkens (19). Berlin 1930.
- MANDL, H./GRUBER, H./RENKL, A.: „Constructivistic“ learning with computers. Promises and pitfalls. Vortrag auf dem „Annual Meeting of the AERA“, New Orleans, April 1994.
- MCCLOSKEY, M.: Naive theories of motion. In: GENTNER, D./STEVENS, A. L. (Eds.): Mental models. Hillsdale, NJ 1983, pp. 299–324.

- NEWELL, A.: One final word. In: TUMA, D. T./REIF, F. (Eds.): Problem solving and education: Issues in teaching and research. Hillsdale, NJ 1980, pp. 175–179.
- NEWELL, A./SIMON, H. A.: Human problem solving. Englewood Cliffs, NJ 1972.
- PALINCSAR, A. S.: Less charted waters. In: EDUCATIONAL RESEARCHER 18 (1989), 4, pp. 5–7.
- PALINCSAR, A. S./BROWN, A. L.: Reciprocal teaching of comprehension-fostering and monitoring activities. In: COGNITION & INSTRUCTION 1 (1984), pp. 117–175.
- PERKINS, D. N./SALOMON, G.: Are cognitive skills context-bound? In: EDUCATIONAL RESEARCHER 18 (1989), 1, pp. 16–25.
- PFUNDT, H./DUIT, R.: Bibliography. Students' alternative frameworks and science education. 4th ed., Kiel 1994.
- PINTRICH, P. R./MARX, R. W./BOYLE, R. A.: Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. In: REVIEW OF EDUCATIONAL RESEARCH 63 (1993), 2, pp. 167–199.
- PRESSLEY, M./SNYDER, B. L./CARIGLIA-BULL, T.: How can good strategy use be taught to children? Evaluation of six alternative approaches. In: CORMIER, S. M./HAGMAN, J. D. (Eds.): Transfer of learning. Contemporary research and applications. San Diego, CA 1987, pp. 81–120.
- REINER, M./CHI, M. T. H./RESNICK, L.: Naive materialistic belief: An underlying epistemological commitment. Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society. Hillsdale, NJ 1988, pp. 544–551.
- RENKL, A.: Träges Wissen. Die „unerklärliche“ Kluft zwischen Wissen und Handeln. (Forschungsbericht Nr. 41, Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für Empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie) München 1994.
- RESNICK, L. B.: Education and learning to think. Washington, DC 1987.
- RESNICK, L. B.: Shared cognition: Thinking as social practice. In: RESNICK, L. B./LEVINE J. M./TEASLEY, S. D. (Eds.): Perspectives on socially shared cognition. Washington, DC 1991, pp. 1–20.
- RILEY, M. S./GREENO, J. G./HELLER, J. I.: Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In: GINSBURG, H. P. (Ed.): The development of mathematical thinking. New York 1983, pp. 153–196.
- ROGOFF, B./LAVE, J. (Eds.): Everyday cognition: Its development in social context. Cambridge, MA 1984.
- RUBIN, K. H./FEIN, G. G./VANDENBERG, B.: Play. In: HETHERINGTON, M. (Ed.): Handbook of child psychology. Vol. 4: Socialization, personality, social development. 4th ed., New York 1983, pp. 693–774.
- SAXE, G. B.: Candy selling and math learning. In: EDUCATIONAL RESEARCHER 17 (1988), pp. 14–21.
- SCOTT, P./ASOKO, H./DRIVER, R.: Teaching for conceptual change: A review of strategies. In: DUIT, R./GOLDBERG, F./NIEDDERER, H. (Eds.): Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Kiel 1992, pp. 310–329.
- SCRIBNER, S.: Studying working intelligence. In: ROGOFF, B./LAVE, J. (Eds.): Everyday cognition: Its development in social context. Cambridge, MA 1984.
- SEGAL, J. W./CHIPMAN, S./GLASER, R. (Eds.): Thinking and learning skills. Vol. 1: Relating instruction to research. Hillsdale, NJ 1985.
- SIMON, H. A.: Information-processing theory of human problem solving. In: ESTES, W. K. (Ed.): Handbook of learning and cognitive processes. Vol. 5: Human information processing. Hillsdale, NJ 1978.
- SPIRO, R. J./FELTOVICH, P. J./JACOBSON, M. J./COULSON, R. L.: Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. In: EDUCATIONAL TECHNOLOGY 31 (1991), 5, pp. 24–33.
- STRIKE, K. A./POSNER, G. J.: Conceptual change and science teaching. In: EUROPEAN JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION (1982), 4/3, pp. 231–240.
- STROHSCHNEIDER, S.: Problemlösen und Intelligenz: Über die Effekte der Konkretisierung komplexer Probleme. In: DIAGNOSTICA 37 (1991), S. 353–371.
- TREINIES, G./EINSIEDLER, W.: Direkte und indirekte Wirkungen des Spielens im Kindergarten auf Lernprozesse/Lernleistungen im 1. Schuljahr. In: UNTERRICHTSWISSENSCHAFT 17 (1989), S. 309–326.
- VYGOTSKY, L. S.: Thought and language. Cambridge, MA 1962.
- ZUZOVSKY, R./CHEN, D./TAMIR, P.: Science knowledge acquired within and outside the school. In: STUDIES IN EDUCATIONAL EVALUATION 16 (1990), 3, pp. 399–420.